宇宙航空の最新情報マガジン

JAXA's

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
機関誌
［ジャクサス］
No.073
July 2018

日本の宇宙航空を担う誇り

[ジャクサス] 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構機関誌
No.073 July 2018

Cover Photo:平成30年4月1日より山川宏新理事長のもとJAXAは新体制で新たなスタートをいたしました。われわれJAXAは全員で力を合わせ第4中長期計画を進めていきます。今号P3-8をご覧ください。

JAXA's発行責任者の庄司義和です。
山川理事長の就任から3カ月が経ちました。当初はよく、「JAXAって変わるの?」と聞かれたものだけど、最近は「JAXA、変わったよね」と言われることが多くなりました。
さて、何が、どう変わったのか?
今号では理事長インタビューを特集するほか、理事が勢ぞろいして登場し、意気込みを語ります。
折しも、小惑星探査機「はやぶさ2」が3年半に及ぶ航海を経て、いよいよ目的の小天体リュウグウに到着。まもなく探査活動を開始します。これからも続く「はやぶさ2」の挑戦に、どうぞご注目ください。

発行責任者
JAXA
(国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構)
広報部長 庄司 義和

JAXA's編集委員会
委員長 庄司 義和
委員 青山 剛史
寺門 和夫
山根 一眞
山村 一誠
アドバイザー 的川 泰宣

編集制作
株式会社ビー・シー・シー
2018年7月1日発行

の航空宇宙を
技術で支える

©JAXA

山川宏 新理事長が語る これからのJAXA

民間企業の宇宙への参入や国際宇宙ステーション以遠への宇宙探査への動きなど、世界の宇宙開発に新しい動きが始まっています。その中で、JAXAは今後、どのような方向に進んでいくのか？　4月に就任した山川宏新理事長に聞きました。

取材・文:寺門和夫（科学ジャーナリスト）

JAXAは人材の宝庫

──久しぶりにJAXAに戻られての印象はいかがですか。

山川　以前、JAXAにいた時は宇宙科学研究所におりました。仕事の半分ぐらいがロケット、半分が衛星開発ということで、当時はエンジニアとして働いていました。京都大学に移ってからは、内閣官房宇宙開発戦略本部事務局長や内閣府宇宙政策委員会委員という宇宙政策を考える立場からJAXAを見ておりました。JAXAに戻ってきて、あらためてJAXAは宇宙航空関係の人材の宝庫だと思いました。別の言い方をすると、これだけの人材がいれば、もっといろいろなことができるのではないかと考えています。

──JAXAの第4期中長期計画がスタートしました。今後どのようにJAXAを運営していきたいとお考えでしょうか。

山川　5つあります。1つ目は、JAXAというのは日本の宇宙開発全体を技術で支える組織だということです。政府の政策、経済活動、国民の生活、これら全てにJAXAの活動が貢献していくのだという意識を、職員に持ってほしいと思います。

2つ目は、JAXAがさまざまな研究開発をし、プロジェクトを実行していくためには、あらためてJAXA職員の能力を高める必要があります。企画力、研究開発力、プロジェクトの遂行能力、あるいは組織運営力、そういった能力です。

3つ目ですけれども、今、JAXAは日本の宇宙開発全体に貢献するといいました。それを支えるのは個々の職員の意識です。宇宙航空に携わっているという誇りをぜひ持ってほしいと思います。

4つ目に、日本全体に貢献するためには何が必要かというと、結局は仲間を増やす必要があるということです。宇宙利用の多様な分野にJAXAがそれぞれ価値を提供していく。そういうことを通して仲間が増えていくと思います。

5つ目ですけれども、厳しい予算状況の中、なかなかJAXAの職員を増やすことが難しい。ですから、職員一人一人がもっと活躍していく。そういった組織を目指したいと思っています。

スペースデブリ問題に技術で挑戦

――JAXAは宇宙技術を安全・安心な社会の実現に役立てることを進めてきました。今後どのようにしていきたいとお考えでしょうか。

山川　今中長期計画のJAXAの目標は4つあります。安全保障への貢献と安全・安心の実現。これが1つ目です。2つ目が宇宙利用の拡大と産業振興。3つ目が宇宙科学と探査分野における成果創出と国際的なプレゼンスの確保、4つ目が航空産業振興、国際競争力向上への貢献です。

今のご質問は最初の部分に関してだと思います。安全保障についていえば、まず宇宙状況把握（SSA）の問題があります。スペースデブリの問題ですね。デブリの観測をJAXAはすでに長きにわたって取り組んできました。防衛省と進めているSSAのシステム構築に、JAXAは特に技術面で貢献していく必要があります。

安全・安心という観点でいえば、JAXAの地球観測衛星のデータが社会で広く使われ、安全・安心の実現に役立っています。今後も地球観測衛星のデータが最大限に活用されることを目指していきます。

――今おっしゃったSSAについてですが、JAXAではデブリ監視だけでなく、デブリの除去技術も研究してきましたね。

山川　先ほどの話に少し戻りますが、5つの目標を一言でいえば、JAXAをいろいろな面で挑戦し続ける組織にしたいと考えています。技術面で最も挑戦しなければいけない分野のひとつとして、私はデブリの問題があると考えています。今中長期計画期間中に、世界で初めてのデブリ除去を実現したいと思っており、そのための技術実証を進めていきます。

デブリ除去の法制度上の問題は政府や国連などで議論されています。そうした議論に、何ができて何ができないのかという技術的な観点からJAXAが貢献できればと思います。また、国際的に制度ができた時には、いち早くそれを実現できるように、準備をしていくことが非常に重要です。そういった取り組みを今年度から進めていきます。

2020年のH3ロケット打ち上げは最優先課題

――産業振興の部分ですけれども、企業がどんどん宇宙分野に参入してくるという世の中の動きもあります。JAXAは今後、企業とどう協力し合っていくのでしょうか。

山川　日本においてもベンチャー企業がどんどん出てきていることを歓迎したいと思います。同時に、いわゆる既存の大企業が新しい宇宙事業に乗り出すことも重要です。

ですから、ベンチャーも大企業も含めて日本の宇宙産業全体が活性化していくことが大事だと思っています。JAXAが今般新たに取り組みをスタートした宇宙イノベーションパートナーシップ「J-SPARC」は、日本の新しい宇宙事業を立ち上げ、産業を活性化していくことを目標としています。ぜひとも今中長期計画期間中に複数の事業を立ち上げていきたいと思います。

――理事長がおっしゃった大企業の事業でいいますと、今、H3ロケットが開発中です。また、技術試験衛星の計画もありますね。

山川　この3月まで宇宙政策委員会で議論をしてきた事業の代表的なものとして、H3と技術試験衛星がありました。どちらも最初から国際競争力を前面に出して立ち上がったところが重要です。これらは国の宇宙活動の自律性を担保する基幹的な技術という意味で必要ですが、さらに国際競争力をもち、事業としても成立することが要件に入っています。どちらも今、開発という意味では佳境を迎えています。2020年度のH3の試験機1号機の打ち上げを成功裏に実施することが、当面、JAXAにとって最優先課題です。

2020年の打ち上げを目指して、次期基幹ロケットH3の第一段エンジンLE-9の燃焼試験が進行している。

デブリ除去衛星による大型デブリの捕獲（イメージ）。

重力天体へのピンポイント着陸技術の実証を目指す、小型月着陸実証機「SLIM」のイメージCG。

日本の誇る物資補給技術。「こうのとり」の後継機「HTV-X」は月周回軌道への物資補給も可能。イメージCG。

国際宇宙探査での日本のプレゼンスを確立

――3月にISEF2(第2回国際宇宙探査フォーラム)があり、国際協力でISS以遠に向かおうという動きが始まっています。国際宇宙探査に関して、今後JAXAはどのように取り組んでいくのでしょうか。

山川　ISEF2はきわめて重要なイベントだったと思います。国際宇宙探査の議論はそれまで漠としていましたが、方向性が各国で固まってきました。具体的にどういったことをやらなければいけないのかという検討が今、加速しています。JAXAは何をしたいのか、日本は何をしたいのかを明らかにしていくことが重要です。その先鞭として2020年頃に予定している小型月着陸実証機「SLIM」があり、それを受けて月極域の資源探査機の検討もしています。

月探査の先には火星があり、JAXAには火星衛星探査計画「MMX」という野心的な計画があります。日本としてこうした探査計画を持っていることはきわめて重要です。その上で国際協力で、例えば米国のNASAが主導している月周回軌道ステーション「ゲートウェイ」にどのように貢献していくのかを考えていきます。4月に理事長に就任してから、海外の宇宙機関の方々と話をしましたが、必ず国際宇宙探査がテーマになっていました。そのあたりの検討を加速していきたいと思っています。大事なことは、限られた予算の中で日本のプレゼンスをどう最大化していくかという点です。

太陽系科学と多波長天文学を推進

――理事長がかつてプロマネをされていた水星探査機BepiColomboがようやく打ち上げになりますね。

山川　「はやぶさ2」が小惑星「リュウグウ」に到着し、小惑星を観測し、着陸してサンプル採取をするという壮大なプロジェクトが進行中です。そして、秋には日欧の国際協力水星探査ミッションであるBepiColomboが打ち上がります。日本は「みお」という探査機を担当しています。私が宇宙研で水星探査を考え始めたのは1995年なんです。23年前です。ですので、私はもちろん個人的に非常に強い思いを持っていて、私が京大に移ってから計画を引き継いでいただいた方々に大変感謝しています。そういった方々の努力がようやく報われ、成果が出てくる時期を迎えられて非常にうれしく思っています。

――JAXAの宇宙科学は今後どのように進んでいきますか。

山川　JAXAの宇宙科学には大きく2つの大事な分野があります。1つは太陽系科学、もう1つは多波長天文学です。太陽系科学に関しては、国際宇宙探査の中で意義を持つ探査ミッションと、科学として太陽系を研究するミッションをどうやってうまく創出していくかがポイントです。多波長天文学の分野では、X線天文衛星代替機を開発中です。「ひとみ」は残念ながらすぐに運用が終わってしまいましたが、その短い運用期間中にすばらしい科学的成果が出ました。X線天文衛星は科学の成果が明らかに見込まれるきわめて重要なミッションだと思っています。さらに、赤外線天文学の分野で次世代赤外線天文衛星「SPICA」があります。ヨーロッパと共同でミッション立ち上げの検討をしています。

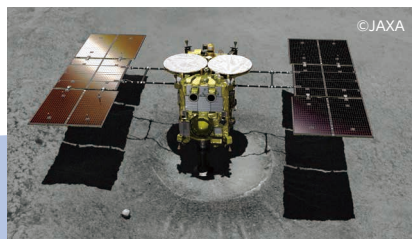
このように、宇宙研には大きなくくりとして太陽系科学と多波長天文学があり、そのロードマップの中でプロジェクトをうまくつなげていきたいと思います。

航空分野での環境保全や安全を目指す

――最後に航空分野についてうかがいたいと思います。

山川　JAXAは宇宙と航空の2枚看板です。航空の分野はきわめて大きな成果を上げています。特に環境と安全の分野です。環境の分野では、1つは燃費の効率化があげられます。燃費を上げるためには材質を軽量化することが必要で、炭素繊維強化プラスチックを使って中空の構造をつくり、バードストライクのようなものにも耐える強度を持ち、なおかつ軽量化ができ、燃費を向上させる技術ができています。環境の分野ではもう1つ、最近注目されている電動航空機があります。ファンを駆動するためのバッテリー技術、充電技術などの観点からJAXAは貢献していきたいと思っています。

安全の分野では、乱気流を検知する技術があります。世界の航空機事故のうち、大きな割合を占めているのが乱気流に入って機体が突然揺れて、乗客や客室乗務員がけがをする事故です。JAXAはドップラーライダーを使って航空機前方の乱気流を検知する技術を開発しました。ボーイング社の機体で試験を終了し、今、データ解析をしているところです。

航空分野におけるこうした環境や安全にかかわる技術をさらに発展させていきたいと思います。

「はやぶさ」で確立したサンプルリターンは日本の誇る技術。2018年6月末には「はやぶさ2」が「リュウグウ」に到着する。人工クレーターに着陸するイメージCG。

JAXA航空技術部門が開発した、ドップラーライダー。航空機事故の要因の一つである晴天乱気流を検知することができる。

7人の理事が語る

1 鈴木和弘（すずき かずひろ） 理事

担当部署:
人事部、財務部、調達部、施設部、
ワーク・ライフ変革推進室、
セキュリティ・情報化推進部、
宇宙教育推進室

2018年1月に坪井前理事の後を受けて就任し、4月からの山川理事長の新体制下では、JAXA内部の共通基盤的な業務を担当する理事を拝命しました。山川理事長の掲げる目標の実現に向け、他の役員と協力し、職員、協力パートナーの皆さんとともに頑張っていきたいと思いますので、よろしくお願いいたします。担当分野については、成果の創出に向け魅力的なJAXAとなるよう、特に以下の全社的な変革をリードすべく全力をつくします。ご支援ご鞭撻をいただければ幸甚です。

1. 内部管理業務の再構築とワクワク感あふれる業務環境の実現
2. 人事改革による次の50年を見通した実行力の獲得
3. 調達改革での産業基盤の強化への貢献
4. 中核研究開発拠点としての情報インフラ、施設インフラの強化
5. 宇宙教育による将来の人材基盤強化への貢献

2 今井良一（いまい りょういち） 理事

担当部署：
第二宇宙技術部門、
研究開発部門、
筑波宇宙センター管理部

研究開発部門は、10年先を見越して従来の延長ではない独自の技術や革新的なシステムを提案し、この技術で新たな利用の開拓に意欲を持つ機関や企業パートナーの方とともに実用化の橋渡しに取り組みます。

新たなミッションの創出では、宇宙デブリの除去、常時地球観測による安心安全を重点分野とします。

基盤技術分野では、再利用化、光、AI、ワイヤレス、量子工学など宇宙以外のさまざまな先端技術との連携を進めることで、将来の宇宙システムやプロジェクトの可能性を大きく広げていきます。

これらの取り組みに当たっては、社会が求める課題解決や利用を提供するシステムのレベルで最大限の効果が発揮できるよう、総合的な視点で研究の目標を設定し、結果につながる研究開発を推進します。

これにより、まったく新しい宇宙技術で日本のロケット、衛星、宇宙探査が世界を先導して行くことを目指します。

3 布野泰広（ふの やすひろ） 理事

担当部署：
第一宇宙技術部門、周波数管理室、
追跡ネットワーク技術センター、
環境試験技術ユニット

種子島宇宙センターにおいて、打ち上げの合間をぬってH3ロケットのLE-9エンジン燃焼試験を実施中です。今後固体ロケットブースタ燃焼試験などが予定され、いよいよH3開発の山場にさしかかっています。2020年の打ち上げを目指し着実に開発を進め、自立性を確保しつつ、国際競争力のある宇宙輸送システムの確立を目指します。

衛星では、今年、温室効果ガス観測技術衛星2号機（GOSAT-2）の打ち上げが予定され、パリ協定に基づく世界各国の温暖化対策への貢献が期待されています。また、防災分野で活躍している「だいち（ALOS）」シリーズの後継機などの打ち上げが、順次予定されており、安全・安心な社会の実現に向け、衛星や衛星データが社会生活になくてはならないシステムとして定着することを目指し、開発、運用業務を推進してまいります。

これからのJAXA

若田光一（わかたこういち） 理事

担当部署：
有人宇宙技術部門、
宇宙探査イノベーションハブ

ISSを含む今後の地球低軌道(LEO)利用の進め方、国際宇宙探査での日本の参加形態に関する政策的な決定にJAXAが判断材料を持って寄与できるよう、優位性を持つ技術開発を推進するとともに、「きぼう」日本実験棟の研究開発基盤としての定着、より使いやすい利用サービス提供や民間との連携拡大、運用効率化を加速させる必要があります。そのため、3つの重要課題(1)「きぼう」の新しい利用サービス創出と民間企業などと連携した利用の事業化、(2)利用の多様性への対応のための定常作業の自動化・自律化、(3)国際有人宇宙探査と今後のLEO活動の検討、に取り組んでいきます。多くの企業やベンチャーにも「きぼう」を活用してさまざまな事業や利用を実現していただけるよう、成果が社会に根付く活動とチャレンジングな研究開発を積極的に進めます。

4

佐野 久（さの ひさし） 理事

担当部署：
航空技術部門

今年の3月まで民間会社に勤務していたので、一国民の視点からJAXA航空を見るとJAXA宇宙のような華やかさが少なく思いました。しかし、部門長として赴任し業務内容を把握してみると、低燃費ジェットエンジン、低騒音航空機、晴天乱気流検知、災害救援航空機情報共有ネットワーク、高速流体解析シミュレーションなど、確実に多くの実りある成果を出して社会に貢献していることがわかりました。例えて言えば、「いぶし銀」のような魅力がJAXA航空にはあります。このことを踏まえ、本年度以降は「いぶし銀」のテーマは継続した上で、国民の皆さまに「驚き」（英語でWow）を感じていただくようなテーマも強化します。静かな超音速機や電動航空機は、Wowの候補テーマです。さらに、研究テーマの仕込みも強化することで、競争力のある日本の航空技術の未来を描きます。

5

中村雅人（なかむらまさと） 理事

担当部署：
総務部、評価・監査部、広報部、
調査国際部、新事業促進部

本年4月に理事を拝命しました。以前は、国立研究開発法人（「QST」）の理事を務めていました。

JAXAでの業務は二度目となります。一度目は2004年1月から広報部長として、JAXA広報展示施設「JAXA-i」の開設、種子島でのH-IIA7号機打ち上げ広報対応、今皆様がお読みのJAXA広報誌「JAXA's」の創刊にたずさわりました。

最初はJAXA発足直後でしたが、今回もJAXAの新中長期目標・計画の初年度でという新しい時代の節目にあたります。JAXAは時代に沿った新たな役割を果たさなければなりません。特に、ベンチャー企業の力強い活躍やこれまで宇宙に関わっていない企業による宇宙利用への参画など、社会が大きくスピードをあげて変化しています。JAXAもスピード感をもって遅れることなく行動し、国民や社会とのつながりを強め、常にワクワクした気持ちを持ち、新しい価値を創造、発信ができるよう力を尽くします。

6

國中 均（くになか ひとし） 理事

担当部署：
宇宙科学研究所

宇宙科学研究所は、以下に示す3つの分野を推し進めます。
1)地球大気に遮蔽・埋没してしまう波長域の電磁波を宇宙から直接的に観測し、地上望遠鏡と連携して137億年の宇宙の歴史に迫ります。
2)太陽系宇宙の多数の天体に直接的に探査機を送り込み、宇宙探査船団fleetを完成させ、その場観測やサンプルリターンといった手法を駆使して46億年の太陽系宇宙の進化を探求します。
3)これら課題を解決するため、多様な宇宙進出を可能にする宇宙工学技術の革新を目指します。このような大規模で精巧な宇宙事業を実現させるために、共同利用システムの機能を発揮させて全国大学からの総意と知識・技術・人材を糾合して、さらに国際協働を巻き込みながら、参加組織との責任分界点を明確にした上で、全体として統率の取れたシステム開発と運用を実行します。

7

JAXAの技術で新しい世界を生み出す

山川宏新理事長の下、第4期中長期計画を進めるJAXA。民間の宇宙産業振興や安心・安全な社会の実現への貢献、国際的な宇宙探査の中での日本のプレゼンス向上などさまざまな期待をされています。新体制となったJAXAについて、4月に就任された山本静夫新副理事長に聞きました。

取材・文：寺門和夫（科学ジャーナリスト）

──JAXAがこれから目指すものは何でしょうか。

山本　JAXAを取り巻く航空・宇宙の環境は大きく変わってきており、JAXAの研究開発がいかに社会に役立つかが求められる時代となっています。JAXAの技術や研究成果を使って、今までとは違う新しい世界を生み出したいと考えます。例えば、衛星からの情報を用いて、世界的な課題解決に結びつけることや、地球周回から月や火星に向かう挑戦的な計画によって、未踏の活動領域に踏み出すことが考えられます。そこにおいても、獲得される新たな知見や信頼性の高いシステム技術を地上システムにも応用することで、より豊かな生活の実現にも寄与したいと思います。そしてそのような活動が、産業の振興にもつながるといった良い循環が生まれてほしいです。もちろんさまざまな機関との連携なくして、新たな変革は生まれませんが、そこにJAXAが貢献をするためには、JAXAの強みを発揮したJAXA固有の技術を成長させていくことが必要です。これはJAXA固有の価値を創出することであり、JAXAが組織として取り組むべき挑戦であると考えています。

── 安全・安心な社会の実現には、JAXAの地球観測衛星が貢献していますね。

山本　地球観測は、短期間に特定の地域で発生する極端な気象現象などによって発生する災害の状況把握や、長期スパンの地球規模の気候変動などをとらえ、その対応に用いるなど、時空間的にさまざまなスケールでの幅広い活用が広がっています。一例として、1992年（JERS-1衛星）以来我が国で継続的に技術を高め、利用を発展させてきた合成開口レーダによる観測があります。箱根の火山活動が活発化していた時に、入山規制など現場での意思決定に最新鋭のレーダを搭載した「ALOS-2」衛星のデータが用いられました。また、防災科学技術研究所の林理事長から伺ったのですが、昨年米国のテキサス州を襲った大型ハリケーン「ハービー」による災害発生時の危機管理の現場において、最初に被災状況を伝えたのは、我が国の「ALOS-2」だったとのことです。国内外で防災への衛星利用が広がりつつあります。もう一つの例は、環境省、国立環境研究所との共同で開発し打ち上げた「GOSAT」衛星です。世界で初めて宇宙から温暖化ガスを定常的に観測しています。今年秋には「GOSAT-2」が打ち上げられる予定で、衛星による長期的な温暖化ガスのモニターの切り札として活用し、国際的な温暖化ガス排出削減に貢献できると期待しています。

──H3ロケットの開発が進んでいますね。

山本　我が国の基幹ロケットであるH-IIA/Bとイプシロンロケットは現時点42機連続打ち上げ成功を続けていますが、加えて「予定の日時どおりに打ち上がる」という所謂「オンタイム打ち上げ率」に対する信頼も国際的に得ています。また、イプシロンロケットは衛星に与える振動などの環境条件が海外のロケットと比べて相当緩和されているという特長も持っています。H3ロケットは、こうした利点を受け継ぎつつ、新たなチャレンジである打ち上げコスト半減を達成すべく開発を進めています。日本独自の特長を持つ基幹ロケットにしていきたいと思います。

──金井宣茂宇宙飛行士が国際宇宙ステーション（ISS）の長期滞在から帰還しました。2019〜2020年には、野口聡一宇宙飛行士と星出彰彦宇宙飛行士が連続してISS長期滞在を行いますね。

山本　日本人宇宙飛行士と地上チームが一つ一つ実績を積み重ねてきたことにより、日本の有人宇宙活動が国際的に高い信頼を得ていることを大変喜ばしく思っています。日本実験棟「きぼう」の利用はタンパク質結晶生成による創薬研究や、超小型衛星の軌道放出などで大きな成果を上げています。今後は民間の方にさらに有効に使っていただきたいと思っています。

──国際協力で月や火星を目指す動きもありますね。

山本　宇宙探査に対する国際的な気運が高まっており、今後世界的な大型プロジェクトに成長することを期待しています。大きな予算を必要とするので、目的や意義価値に対するコンセンサスが得られるような努力が必要です。また、技術についても日本の強みや独自性を出さないといけないと思っています。現在ISSに物資を補給している「こうのとり」で培った技術をさらに高めた月周回軌道への物資補給技術、月や火星に滞在するための生命維持・環境制御に関する技術、小型月着陸実証機「SLIM」で実証しようとしている月面へのピンポイント着陸技術、着陸した後の重力天体上の探査技術などで、幅広い産業界の参画も得て、日本の強みを発揮し、国際宇宙探査に存在感を出したいところです。そして、国際宇宙探査計画が、月や火星の科学など惑星科学の大きな目標にも貢献できることから、科学と技術の両面で魅力あるプロジェクトとなるよう、オールJAXAで取り組みたいと思います。

©JAXA

◀スタートラッカによって撮影されたリュウグウ。図中で黄色の丸で囲まれた天体がリュウグウ。撮影時刻は、右から2018年5月12日1時頃、5月13日2時頃、5月14日1時頃（日本時間）である。探査機から見てうお座（Psc）の方向にある。画角は約 9°×7°。リュウグウまでの距離は約7万km。

画像提供／地上観測チーム：JAXA、京都大学、日本スペースガード協会、ソウル大学

η Psc

87 Psc

72 Psc

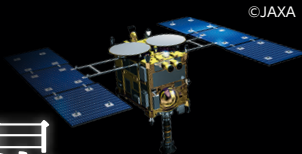
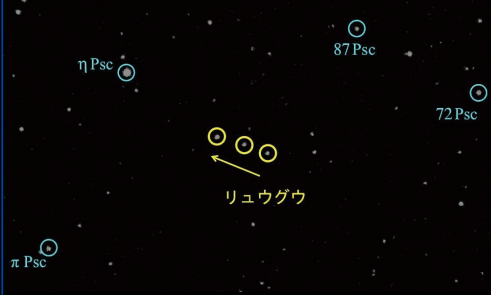
π Psc

リュウグウ

小惑星リュウグウへ、最終アプローチ

©JAXA

文：吉川 真（よしかわ まこと）

宇宙科学研究所
宇宙機応用工学研究系准教授
はやぶさ2ミッションマネージャ

▶2018年6月6日、04:15（日本時間）頃にONC-Tによって撮影されたリュウグウと背景の恒星。視野は6.3度角 x 6.3度角。露出時間178秒。探査機からはふたご座（Gem）の方向にリュウグウが見える。リュウグウまでの距離は約2600km。

画像提供／
地上観測チーム：JAXA、京都大学、日本スペースガード協会、ソウル大学
ONCチーム：JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研

▲2018年6月20日、18:50（日本時間）頃にONC-Tによって撮影されたリュウグウ。リュウグウまでの距離は約100km。

画像提供／ONCチーム：JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研

小惑星探査機「はやぶさ2」は順調に目的地のリュウグウに接近を続けています。この文章を書いている時点（6月21日）で、リュウグウの形がはっきりと見えてきました。リュウグウ到着は秒読み段階です。

「はやぶさ2」は、今年（2018年）の2月26日に初めて搭載の光学航法カメラでリュウグウの撮影をしましたが、その後はイオンエンジンの運用のためリュウグウの撮影をすることはできませんでした。次にリュウグウの撮影を試みたのは5月中旬です。スタートラッカという装置（通常は探査機の姿勢を推定するときに使われる装置）でリュウグウを撮影しました。撮影は5月11日から14日にかけてほぼ1日おきに3回行われました。リュウグウは「はやぶさ2」から見ると、うお座の方向に5等星ほどの明るさで見えました。

撮影された画像は、光学航法に使いました。光学航法とは、探査機から見たリュウグウの方向という情報と、探査機と電波で通信して得られる情報の両方を使って、探査機の軌道を正確に求める手法です。ですから、「光学電波複合航法」と呼ぶのが正確ですが、ここでは簡単に光学航法と呼ぶことにします。「はやぶさ2」の光学航法では、探査機の軌道を正確に求めるだけでなくリュウグウの軌道もより正確なものを推定します。スタートラッカによる光学航法では、約220kmあったリュウグウの位置の誤差が、130kmくらいまで小さくすることができました。大きさが1kmもないような天体に到着するにはこの誤差はまだ大きすぎますが、6月に光学航法カメラ（ONC）を使って行う光学航法でさらに誤差を小さくしていくことになります。

さて、「はやぶさ2」は今年の1月10日からイオンエンジンの運転を行ってきました。これは、スイングバイ後の3回目の長期イオンエンジン運転です。このイオンエンジンの運転が6月3日に終了しました。今回の長期運転（第3期イオンエンジン運転）では、動力航行時間（1台以上のイオンエンジンが動作している時間）が約2,475時間、総加速量が約393m/sになりました。これでリュウグウへ行く往路のイオンエンジン運転がすべて終了したことになります。往路におけるイオンエンジンの運転をまとめてみますと、総動力航行時間は約6,500時間、1台毎に運転時間を合計すると約18,000時間、総加速量は約1,015m/sとなりました。これだけの加速をするのに使われたキセノンはわずか24kgです。キセノンはまだ42kgも残っています。「はやぶさ2」のイオンエンジンは、「はやぶさ」のときと比べてより安定に動作し、より効率的な運用ができました。

イオンエンジン運転終了後、6月3日においてリュウグウまでの距離が3,100kmになり、ONCによる小惑星接近誘導が開始されました。望遠の光学航法カメラ（ONC-T）で撮影された画像には、リュウグウが非常に明るく（約−5等の明るさ）撮影されていました。ただし、まだリュウグウは点状でその形は分かりません。最初の光学航法の解析の結果、リュウグウ到着は6月27日前後と確認されました。その後、ONC-Tでの観測を続け、TCM（Trajectory Correction Maneuver）と呼ばれる軌道制御を続けて小惑星に接近しているところです。

そして、現時点でリュウグウの形がコマ（独楽）型であることや、大きなクレーターのような地形、さらに大きなボルダー（岩塊）があることが見えてきました。科学的にも非常に面白そうな小惑星に、いよいよ到着です。

©JAXA

往路イオンエンジン運用終了時（2018年6月3日）に撮影した集合写真。

■ 小惑星近傍でのノミナルスケジュール

年	月日	事項	状況
2018	1月10日	第3期イオンエンジン運転開始	済み
	6月3日	第3期イオンエンジン運転終了（往路運転終了）	済み
	6月3日	小惑星接近誘導開始（距離3100km）	済み
	6月27日前後	小惑星到着（高度20km）	予定
	7月末	中高度観測1（高度5km）	予定
	8月	重力計測降下（高度1km）	予定
	9月〜10月	タッチダウン運用スロット1	予定
	9月〜10月	ローバー投下運用スロット1	予定
	11月〜12月	合運用（通信不可の期間）	予定
2019	1月	中高度観測2（高度5km）	予定
	2月	タッチダウン運用スロット2	予定
	3月〜4月	クレーター生成運用	予定
	4月〜5月	タッチダウン運用スロット3	予定
	7月	ローバー投下運用スロット2	予定
	8月〜11月	小惑星近傍滞在	予定
	11月〜12月	小惑星出発	予定

このスケジュールは、2018年6月7日現在で想定しているもので、ミッションの進捗状況や小惑星リュウグウの状況などによって変更される可能性があります。

未来を見据えた

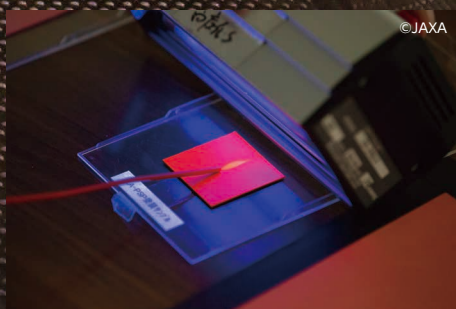
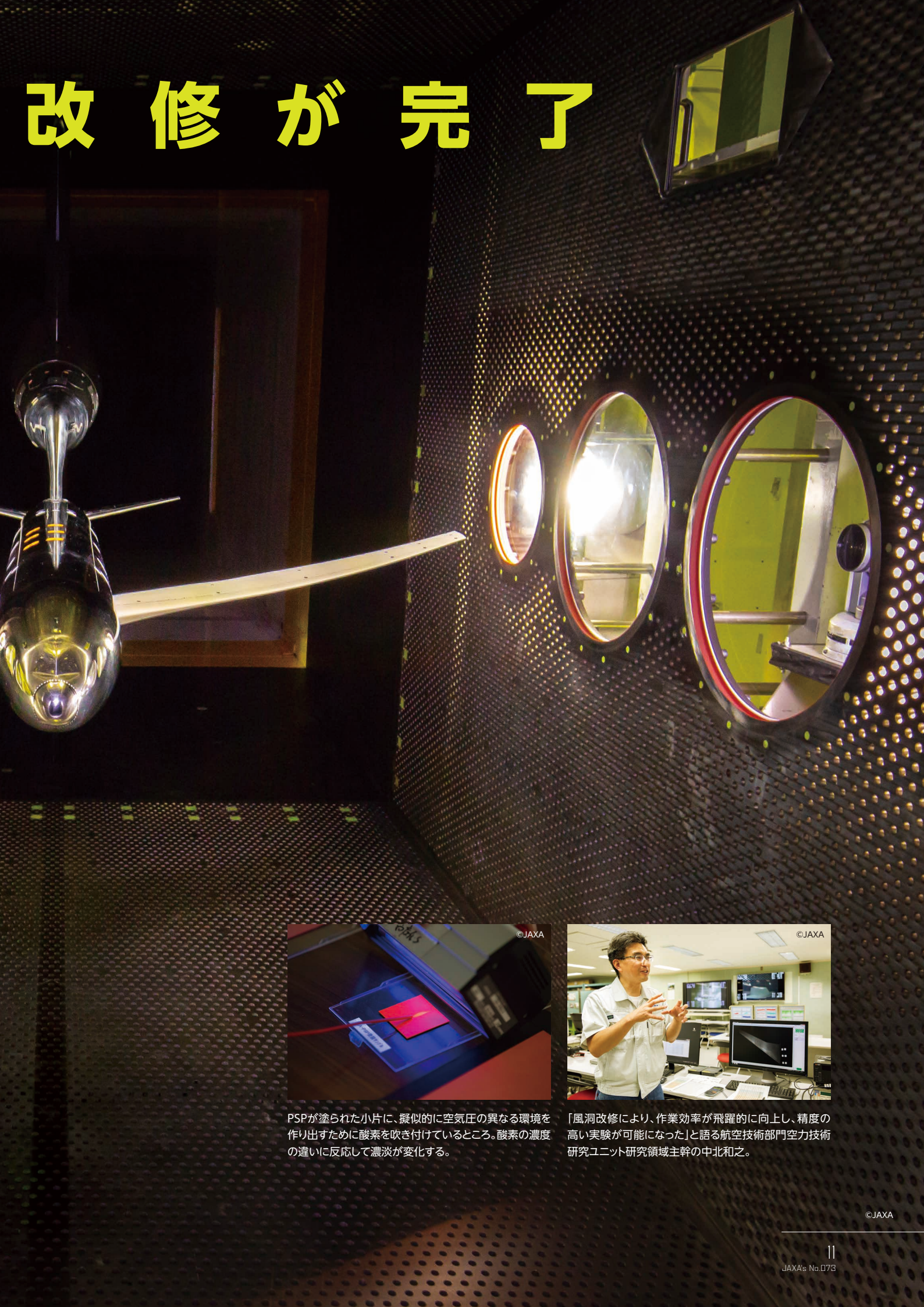
実験精度が飛躍的に向上した遷音速風洞試験設備

速度の異なる14の風洞設備を擁する調布航空宇宙センター。なかでも、昨年大幅な改修を終えた2m×2m遷音速風洞は、亜音速と超音速の中間に相当するマッハ1前後の速度域の測定が行われる風洞で、その速度域の特性から、ロケットや飛行機、宇宙から帰還するカプセルなど測定対象が幅広く、稼働率が高いのが特徴です。航空機の設計にはCFD（数値流体力学）によるコンピュータ解析が多用されていますが、遷音速の速度域は、空気力学的に最も不安定であることから、CFDのみならず風洞を使った試験が重要となります。

今回の改修は、主送風機駆動用電動機（モーター）と制御システムの更新を目的に行われました。かつての風洞実験は、経験をもとに回転を微調整するなど高度な技術が求められましたが、今回は電動機とともに新たな制御システムが導入されました。これにより同一条件での風洞運転の再現が容易になり、操作性が改善されています。

写真の風洞内航空機模型の翼部分には、空気の流れを計測するためのPSP（感圧塗料=空気の圧力に反応する特殊塗料。ピンク色の部分）と温度を測定するためのTSP（感温塗料=温度に反応する特殊塗料。黄色の部分）が塗られています。従来に比べPSPの応答性も向上しており、風洞の改修とともに、実験精度が飛躍的に向上しています。

改修された遷音速風洞は、我が国の新たな航空機やロケット開発に大きな役割を果たすことが期待されています。

改修が完了

PSPが塗られた小片に、擬似的に空気圧の異なる環境を作り出すために酸素を吹き付けているところ。酸素の濃度の違いに反応して濃淡が変化する。

「風洞改修により、作業効率が飛躍的に向上し、精度の高い実験が可能になった」と語る航空技術部門空力技術研究ユニット研究領域主幹の中北和之。

数値流体力学から地球観測データ処理まで

日本の航空宇宙分野のフラッグシップマシン JAXAのスーパーコンピュータ、新時代へ

文:藤田 直行（ふじた なおゆき）
セキュリティ・情報化推進部 スーパーコンピュータ活用課 課長
(兼)航空技術部門 数値解析技術研究ユニット 研究領域主幹

数値風洞：日本で初めて世界一位になったスーパーコンピュータ

皆さんは、京コンピュータをさかのぼること遥か昔に、世界一になった国産のスーパーコンピュータ(以下、スパコン)があったことをご存知でしょうか。その名は"数値風洞"。外国では、NWT: Numerical Wind Tunnelとして知られています。科学技術庁航空宇宙技術研究所(以下、航技研。JAXAの前身の一つ)が富士通株式会社と共同開発した世界初・世界最高速のベクトル並列計算機です。1993年に稼働し、スパコンに関する傑出した業績に贈られる世界的な賞、ゴードンベル賞を1994年から3年連続で受賞しました(図1)。それから25年、2018年にはJSS2: Jaxa Supercomputer System generation2がJAXA事業を支える重要な設備として稼働しています。本稿では、JAXAスパコンの歴史を紹介しながら、その特長・役割・未来像についてお話したいと思います。

図1 数値風洞(NWT: Numerical Wind Tunnel)とゴードンベル賞

歴史：スパコン開発と数値シミュレーション研究を牽引してきたJAXA

JAXAでの数値シミュレーション研究は数値風洞の時代をさらにさかのぼる1970年代から始まっています。それを支えたのがスパコンの進化です。5年間で10倍以上高速なスパコンが登場する時代で、数値シミュレーションが、理論、実験に続く第三の科学と呼ばれるようになりました。中でも流体力学を数値シミュレーションを用いて研究する数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)は、スパコンと数値シミュレーションの進化に大きく寄与しました。

図2にJAXAスパコンと数値シミュレーション研究の年表を示します。1977年日本初のスパコンを皮切りに、1987年にCFDに適した特別注文品、1993年に数値風洞、そして、2016年にJSS2を導入しています。この間に数値シミュレーションは、航空機翼周りの空気流れ、航空機全体周りの空気流れ、宇宙往還機大気圏再突入時の加熱計算、水素の燃焼計算、ヘリコプタ音の計算、新型ロケットエンジンの故障時被害予測、ロケット発射場の流れ予測と、時代と共に複雑システム・複雑現象へ適用されるようになりました。これを踏まえて、スパコン開発と

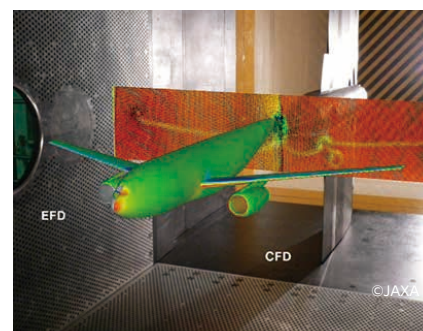



図3 デジタル/アナログ・ハイブリット風洞"DAHWIN"

数値シミュレーション研究に関するJAXAの活動を、流体力学の視点で整理すると、次のようになります。

【開拓の時代】
流体力学研究を行うための道具として、スパコンによる数値シミュレーションを導入する道を切り拓きました。

【技術開発の時代】
特別注文品を設計して、航空機全体周りの空気流れを10時間で計算できるようにし、スパコンによる数値シミュレーションの技術開発を推進しました。

【検証の時代】
数値風洞を開発して、上記の計算を10分に短縮し、スパコンによる数値シミュレーションの設計ツールとしての可能性を示しました。

図2 JAXAスパコンと数値シミュレーション研究の歴史

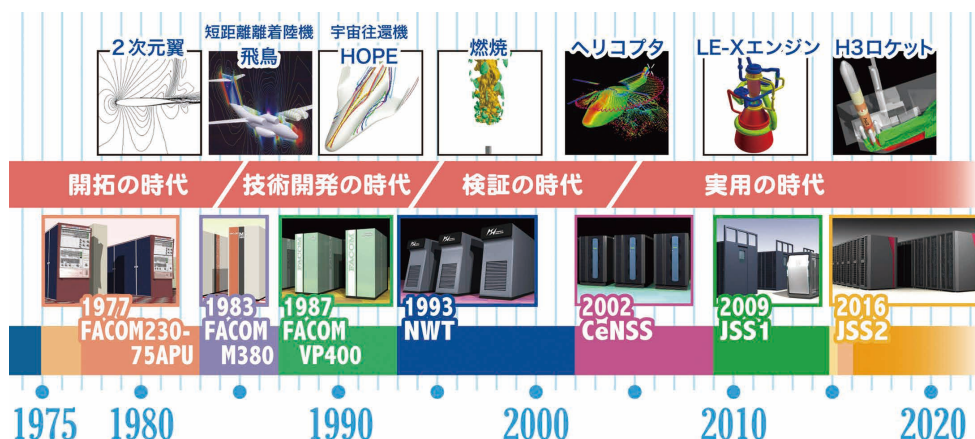
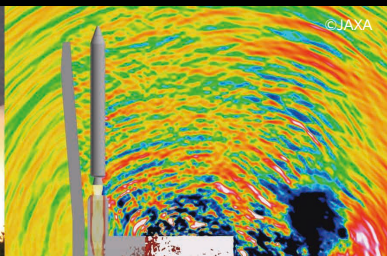



図4　射場の静音設計
(左)イプシロンロケット発射時の様子
(右)音響伝搬の可視化

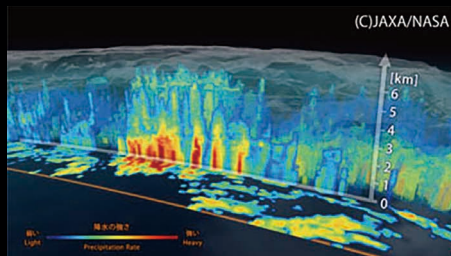



図5　地球観測データ処理例：GPM主衛星による降雨観測の可視化

図6　透明素材による空間の可視化:航空機ランディングギア後方空間に発生する渦の様子を立体的に表現できるようになりました

＊QRコードは活動を紹介するWebページへのリンク情報

この様に、JAXAはCFDで、スパコン開発と数値シミュレーション研究を牽引してきたのです。

特長と役割：【実用の時代】へ

このような歴史を持ったJAXAのスパコンですが、現在は【実用の時代】を迎えています。

1.現代の数値風洞

数値風洞は、航技研の三好甫氏が主導し、『航空機の全機体形状に対して実践的数値シミュレーションができる計算機を実現する』という思いから開発が始まりました。それから30年が経ち、現在は、JSS2と航空技術部門が開発したCFDソフトウェア"FaSTAR"とにより、設計に役立つ航空機全体周りの空気流れを日常的に2分間で計算できるようになりました。これは、日中8時間とした場合240回の計算ができることになり、風洞のデータ計測能力(一日200回)に追いついたことになります。ここに数値風洞が現実のものとなりました。さらに、これらと風洞設備を組み合わせたデジタル/アナログ・ハイブリッド風洞"DAHWIN"を開発し、空力性能の予測精度の向上や航空機開発の効率化を実現しました(図3)。現在は、DAHWINを発展させ、風洞・CFD・飛行試験を組み合わせた"統合シミュレーション技術の研究開発"に取り組んでいます。

2.設計ツールとなった数値シミュレーション

次に、数値シミュレーションが設計ツールとして実用レベルに達した例を一つ紹介しましょう。図4(左)は、イプシロンロケットの打ち上げ風景です。ロケット先端フェアリング内のペイロード(人工衛星など)を着実に宇宙へ運ぶため、ロケット発射時の轟音がフェアリングに伝わりにくい射場を作る必要がありました。研究開発部門が中心となりJSS2を使って数値シミュレーションを用いて設計した結果、フェアリング部分での轟音を目標であった1/5を上回る1/10に低減できました。

3.スパコンの新たな利用分野

JSS2以降は、CFDに加えて、地球観測データ処理をスパコンで行うようになりました(図5)。従来と比較して20倍高速な処理が可能となり、データ分析の高度化、気象予報精度の向上、世界中の研究者への観測データの迅速な配布などが実現しました。

4.先進的な運用サービスの提供を目指して

実用の時代を支えるため、スパコンの運用も挑戦的なものになっています。JSS2は、非常に大雑把な言い方をすれば、高性能なパーソナルコンピュータ(パソコン)3,445台を強力なネットワークで相互接続した並列計算機と、ハードディスク2,340個、テープ媒体10,000巻を一体的に管理することで、パソコン1台では不可能な計算を可能にしています。これだけ多くの構成品があるため、時には、その一部が故障することもありますが、そのような場合でもサービスを継続できるように、ハードウェアの冗長化や自動復旧機能などのシステム設計をしています。

JSS2で計算した結果は膨大な量の数字として出力されます。これら全てを人間が一つ一つ確認・分析するのは事実上不可能です。そこで可視化技術が重要になってきます。近年は3次元プリンタを利用した可視化の研究開発を進めています。JSS2での数値シミュレーションの特徴上、"空間を可視化する"ことが不可欠ですが、透明素材を用いることで、これを可能にする技術を開発しました(図6)。

未来像：これからのスパコン

スパコンの計算能力の向上と共に、時々刻々と変化する現象の解析や、流体力学と構造力学/燃焼現象など、さまざまな現象を連成させた解析が行われるようになり、計算性能に加え、ファイルシステム/テープ媒体/プレ・ポスト処理の能力が求められています。また、JSS2では、数値シミュレーションとデータ処理の両方が行われる新しい時代に入りました。さらに近年は、AI技術の発達により、機械学習処理を行うJAXA内共通基盤整備の期待も高まっています。

このように、スパコンと共に発展してきたCFDにおいては、開拓から実用の時代へ、そして、スーパーコンピュータ利用分野がCFDのみならず、地球観測データ処理やAI基盤というデータ処理へと、その範囲が広がっています。この劇的な変化の中で、JAXAのスーパーコンピュータが、今後担うべき役割を大別すると、次の3つになります。

(1)航空宇宙分野に特化したフラッグシップマシン
(2)大規模データ解析基盤としてのデータセンター機能
(3)新たなニーズを受け止める研究開発基盤

これらの役割を効果的に果たす基盤設備や運用体制について、現状分析を行いながら検討を進めているところです。スパコン運用チーム一同、スーパーコンピュータのますますの発展と高度利用を支えるべく、今後も活動していきます。

JAXAスパコン運用チームメンバー

**ISS第64次/第65次長期滞在搭乗員に決定した星出彰彦宇宙飛行士。
ISSの滞在は2020年5月頃からの予定で、
日本人宇宙飛行士2人目のISS船長(コマンダー)として第65次長期滞在の指揮を執ります。
ISSコマンダー就任に向けた想いや「きぼう」利用の未来、そしてNASAでの仕事を通じて感じている
日本の宇宙開発の強みについて聞きました。**

取材・文:寺門和夫(科学ジャーナリスト)

星出彰彦
宇宙飛行士
インタビュー

ISS長期滞在が決定!
日本人宇宙飛行士2人目の船長への想いと「きぼう」利用の未来

NASAでは金井宇宙飛行士のISSでの活動を地上からサポート

――2012年に国際宇宙ステーション(ISS)に長期滞在してから5年少しがたちました。2回目のISS長期滞在が決まった今のお気持ちはいかがですか。

星出　訓練も開始されていないので、実はまだ実感が湧いていません(笑)。コマンダー就任は光栄ですが、今回コマンダーを務めさせてもらうことになったのは、JAXAのISS計画への貢献や若田光一飛行士のISSコマンダーとしての仕事ぶりが評価されたのだと思っています。何人もの日本人宇宙飛行士が長期滞在し、「きぼう」での実験や運用も行い、「こうのとり」(HTV)の補給ミッションもあり、そういうオールジャパンの貢献が今回のコマンダー就任につながったのだと思います。

――今回の金井宣茂宇宙飛行士の長期滞在ミッション中は、ヒューストンから支援をされているのですか?

星出　はい。NASA宇宙飛行士室の代表として、第54次および第55次ミッションの計画・調整に携わっています。いろいろな会議が毎日のようにあり、ミッション全体を通じての作業や週ごとの計画調整、不具合など想定外のことが起こった場合はクルーの立場からの調整などを行っています。長年NASAでCAPCOM(軌道上のクルーとの交信担当)として仕事をしてきたので、地上の運用管制の世界はこれまでもある程度理解していたと思いますが、こうした計画調整を経験できたことは、私自身がISSに行ったときに、これまでよりも広い視野で地上のチームと連携を図るのに役立つのではないかと思っています。

©JAXA/NASA

NASAジョンソン宇宙センターから
金井飛行士の船外活動を支援した。

――金井宇宙飛行士とNASAのマーク・ヴァンデハイ宇宙飛行士が船外活動をした時は、CAPCOMではなく、船外活動を行うクルーと直接交信する担当をされましたね。星出さんは前回の長期滞在で、船外活動を3回行いました。そうした経験は生きましたか。

星出　私自身が船外活動をした時にも気をつけていたのですが、地上との交信中はクルーの会話を聞くために地上の会話は止まってしまうので、簡潔なやりとりが求められます。ですから今回、いかに簡潔に伝え、返事をもらうかを心がけました。また、彼らをできるだけ待たせずスムーズに作業をしてもらえるよう、先を読んで情報や手順を伝えることも意識しました。二人とも事前にしっかり準備をしてくれていたので、一言言うだけで的確に作業をしてくれました。金井飛行士は初めてとは思えないほど、素晴らしい船外活動だったと思います。

優秀な宇宙飛行士たちを束ねる星出流リーダーシップとは?

――コマンダーの仕事とはどういうものか、簡単にご説明ください。

星出　ISSでのクルーの活動全体について目を配り、有事の際はクルーやISSの安全を守るのが仕事です。ISSでの作業はすべて手順書が作られており、地上と連携しながら進めていきますが、時にはそこから逸脱し全体のスケジュールに影響するケースもあるので、地上の管制官と調整が必要になることもあります。また、緊急時など地上と交信する時間がない場合もあり、そのような場合には、コマンダーが自ら判断して指示を出すことになります。前回の長期滞在では基本的に自分のことを考えればよかったわけですが、コマンダーになると、チーム全体をみながら調整をしていくことが必要になります。

――コマンダーとしてどのようなことを心がけたいと思っていますか。

星出　これまでNEEMO(海底で行うNASA極限環境ミッション運用)やCAVES(洞窟を利用したESAの極限閉鎖環境適応訓練)のミッションでコマンダーをさせてもらいました。その時考えていたのは、第一にクルーの安全、その上でチームとして楽しむということでした。リーダーシップの取り方というのは、その場その場で違ってきますし、その人なりのリーダーシップの取り方というものがありますが、私は私なりにやっていければと思っています。宇宙飛行士は皆非常に優秀ですから、個々の仕事はまかせて、何かあったときに助けられるよう準備できればと思います。ある意味で楽な面もありますが、その分、地上との調整をしっかりやっていきたいと思います。

――「きぼう」日本実験棟は前回の長期滞在時と比べて実験装置などがだいぶ新しくなっていますね。

星出　装置も変わっていますし、いろいろ新しい実験も行われています。私が長期滞在する2020年には、将来の宇宙探査に向けた技術実証なども始まっていると思います。

――「きぼう」のエアロックからの超小型衛星放出

は、前回星出さんが行ったのが最初でしたね。

星出　初めてでした。それが今では多くの皆さんに関心を持っていただいています。「きぼう」の大きな成果の一つになったのではないかと思います。

――ロボットアームとエアロックがあるのは「きぼう」だけですからね。

星出　ISS利用の新しい形を作ることができたのではないかと思います。

――今後の「きぼう」利用について、どのような考えを持っていますか。

星出　「きぼう」は無重量環境でいろいろな実験研究ができる非常に重要な設備です。今後、より多くの方が利用していける仕組みづくりを考えていかなくてはいけないと思います。実験研究の分野を広げる、実験の方法を効率化するなど、やるべきことはいろいろあります。

アメリカの民間宇宙船の就航が間近 宇宙飛行は新たな時代へ

――今、ボーイング社やスペースX社ではISSにクルーを運ぶ宇宙船の開発が最終段階に入っています。星出さんも野口聡一さんもロシアのソユーズ宇宙船ではなく、アメリカの宇宙船でISSに行く可能性がありますね。

星出　そうですね。野口飛行士も私も、スペースシャトルで飛び、ソユーズでも飛びました。違う宇宙船に乗ってみると、比較がいろいろできるので、エンジニア出身としては非常に楽しみです。

――民間宇宙船の運用開始に向けたNASAの雰囲気はどうですか。

星出　そのための会議にも一部参加させてもらっていますが、本当に動いているんだなと感じています。宇宙船も作られていますし、運用準備や管制官の訓練も本格化しています。民間が宇宙に進出していく新しい時代が目の前まで迫っています。NASAは地球低軌道への輸送は民間に任せようとしていますし、民間もそれだけの技術力を持っていると思います。その部分は民間に任せ、NASAとしてはISS以遠への宇宙探査にシフトしていきたいわけです。

――3月に東京でISEF2(第2回国際宇宙探査フォーラム)が開催されました。40カ国以上が集まって、国際的共同で月周回軌道や月面に向かうための活動について話し合いが行われました。NASAで仕事をしていて、こうした動きを感じていますか。

星出　それは感じています。ISSはすでに長い間運用されており、経験に基づきルーティン化されている部分もありますが、それとは違う新規開発モードで、NASAでは宇宙探査が動き始めています。NASA宇宙飛行士室の中でも、そういった仕事が徐々に増えてきています。

――NASAは月や火星を目指すための宇宙船「オライオン」を開発していますね。宇宙飛行士としてワクワクするのではないですか。

星出　しますね。ISSは人類にとって大きな進歩だと思いますが、それよりもさらに遠くに行くというのは技術的にも大変です。ましてそこに人類の拠点を作るというのは大きな挑戦ですね。

モノづくりの技術と豊富な運用経験 日本がこれからの宇宙をリードしていく

――そのような宇宙探査が国際協力で進められる場合、日本が貢献できることはどのくらいあるのでしょうか。

星出　たくさんあると思います。例えば、JAXAが今開発しているHTV-X(新型宇宙ステーション補給機)を発展させて、地球低軌道から月周回軌道までの往復に使うことができます。ISSよりずっと遠いところまでどうやって物資を補給するかは、これから大きな問題になってきます。

――そういう点では、日本が「こうのとり」を持っているのは大きな強みですね。

星出　そう思います。モノづくりの技術だけでなく、それを運用してきた経験も重要です。あのような宇宙機を作って実際に運用してみないと分からないところがたくさんあるのです。そのあたりはしっかり次につなげていく必要があります。あとは今、小型月着陸実証機SLIMで目指している月面へのピンポイント着陸ですね。重力天体への着陸技術は「はやぶさ」でも実現していますので、これも日本として先を進んでいる技術です。それらをうまく活用して、国際的な活動の中でイニシアティブをとっていければと思います。

――日本人宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数はロシア、アメリカに次いで世界3位です。宇宙空間で安全に、かつ健康で生活するための技術もたくさん蓄積していると思うのですが。

星出　おっしゃる通りです。ISSでの宇宙医学やわれわれの健康管理のデータがたくさん蓄積され、運動のメニューの組み立てとか、心理的サポートなどをしっかりできるようになっています。これからは月や火星に行く時に、それをどういうふうに応用していくかを考える段階に入ってきています。

――日本が得意な分野はいろいろありますね。

星出　あります。日本はこれまでそういう技術を蓄積してきました。これまで日本はISS計画の中で信頼されるパートナーとして評価されてきましたが、これからはもう一歩進んで、この分野は日本が引っ張っていくという時代になっていくべきなのではないでしょうか。それだけの技術力を日本は持っていると思います。

――最後に、改めて長期滞在への想いをうかがいます。

星出　コマンダーに指名されたことは、私ももう若手ではなく、経験ある飛行士として見られているのだなと感じているところです。後進の指導を含めて、新しい世代に引き継げる仕事をしていけたらいいなと思っています。

星出 彰彦（ほしで あきひこ）
有人宇宙技術部門
宇宙飛行士・運用管制ユニット
宇宙飛行士グループ
宇宙飛行士

宇宙を
職場にする

株式会社 ALE
岡島(おかじま) 礼奈(れな)さん
代表取締役／博士(理学)

エンターテインメントと科学の融合を目指して

"ALE×JAXA"が創り出す人工流れ星が夜空を彩る

2011年9月、人工流れ星を創出するという世界初のプロジェクトのために創立された株式会社ALE。JAXAが公募する「革新的衛星技術実証プログラム」に応募し、2017年7月に実証テーマの一つに選定された。そして現在、JAXAのサポートを受けながら、人工流れ星実現に向けて、プロジェクトは着実に前進している。

取材・文:井上 晋

©JAXA

この真珠の珠のようなものが、軌道上から再突入させる流星源のテスト版。現在さまざまな材質、組成のものがテストされているそうだ。

人工流れ星でエンターテインメントを宇宙を利用したユニークな実証実験

JAXAが公募していた「革新的衛星技術実証プログラム」の実証テーマ候補として、2017年7月、「流星源と放出装置を用いた人工流れ星の実現可能性と市場性の検証」が選定されました。宇宙をエンターテインメントの市場としてとらえた斬新な試みに挑戦するのは株式会社ALEです。同社のCEO・岡島礼奈氏は、計画の概要と応募の動機について語ります。

「まず『人工流れ星』の仕組みをご説明すると、ロケットで打ち上げた人工衛星から直径約1cmの金属を含んだ流星源を放出させ、大気圏に再突入させることで流星を発生させようと考えています。この人工流れ星は、特定の時刻に、地上ではおよそ直径200kmの範囲から見ていただくことができます。今回、『革新的衛星技術実証プログラム』でテーマを募集していることを知り、弊社の事業とは親和性が高いのではないかと感じ、応募して選んでいただきました。民間企業の宇宙産業への参入を推進しようというJAXAの意欲が伝わる取り組みだと思います。JAXAがこれまで培ってきた技術力によるサポートを受けられることに大変魅力を感じています」

ここにいたるまでには、超えなければならない数多くのハードルがあったと岡島氏は振り返ります。クリアすべき実験の前提条件としてまず求められたのは、ロケットに搭載する人工衛星の安全性、国際的に通用するミッションとしての妥当性でした。

その過程で、JAXAに提出する安全審査のためのハザードレポートの作成など、基礎的な条件をクリアするためにかなり苦労しました。このタイミングで、JAXAの安全審査に実績のある東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻宇宙ロボット研究室准教授の桒原聡文氏がCTOとして加入したこともあり、対応が円滑に進み始めました。「審査にパスして、ようやくエントリーできたという実感がありました」

計画の実現に向けて、現在はハードルを一つ越えると、さらに高いハードルが現れる状況だと語る岡島氏。例えば、小型人工衛星から流星源を放出する際の衛星の高度については、安全面で国際的な理解を得るための条件があります。また、最終的に流星源を放出するコマンドを送るタイミングについて検討が必要となるなど、解決すべき課題は多岐に渡ります。

「イプシロンロケットで打ち上げられた人工衛星は、ISSより高い約500kmの軌道上で放出されます。そこからISSより低い高度まで約100km降下させなければなりません。現在、JAXAの協力も得て、計画の細部を検証している段階です。宇宙空間で物を放出するというのは過去に例のない試みですから、経験豊富なJAXAからサポートしていただけるのは心強いですね」(岡島氏)

常識にとらわれない精神と技術による挑戦が開拓する科学とビジネスの新たな領域

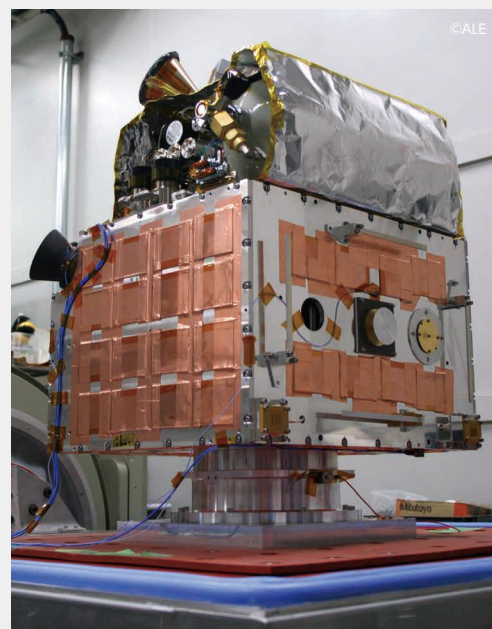
宇宙でエンターテインメント事業を展開するという、おそらく世界でも初の試みは、前例となるビジネスモデルがありません。人工流れ星は、不特定多数の人が見ることができるため、従来のイベントとは異なる収益モデルが必要となります。さまざまな議論を重ねる中で、多くの人々をターゲットにするスポンサーを募り、イベントをお祭り化していく方向で計画は進められています。

「当初、スポンサー集めは苦労しましたが、話をしてみると『宇宙』が嫌いという人に出会ったことはほとんどありません。計画が進む中で、JAXAのプログラムに採択されたということ、私たちの人工衛星がイプシロンロケットに搭載されるということは、やはり説得力があり、多くの人が耳を傾けてくれるようになりました」(岡島氏)

人工流れ星の放出は、宇宙におけるエンターテインメント市場の開拓という新たな挑戦であると同時に、軌道上で実証のためにさまざまな技術を応用する画期的な取り組みでもあります。かつて気象衛星「ひまわり」のプロジェクトに関わり、同社でプロジェクトマネージャを務める有坂市太郎氏は、今回の計画の難しさと意義について語ります。

「人工流れ星の創出は、これまで誰もやったことがないため、実現に導く定石やルールもありません。この計画に誘われた時、実現できるのかという思いがありました。でも、それは思い込みに過ぎず、こういうことに挑戦していかなければ宇宙の市場も大きくはなりません。宇宙でエンターテインメントを展開するという試みは、これまでのさまざまな計画と比べて大きなポテンシャルを秘めていると思います」

有坂氏が以前関わっていた静止衛星はすべて実績ありきで、使ったことのない技術は導入できませんでした。今回は、衛星を軌道に乗せるのではなく、軌道に乗せた人工衛星から流星源をいわば再突入させます。しかも狙ったところで再突入させなければなりません。そのために、使ったことのない技術を積極的に用いることができます。最も難しい反面、エンジニアとしてやり甲斐を感じる部分だと、有坂氏は言います。大気圏に再突入させる流星源の組成を変えることで、流れ星の色や高層大気の状態など、さまざまなデータを取得できる可能性もあります。

「そして何よりもJAXAの公募によって、これまで宇宙に携わったことがなくても挑戦できるチャンスがあるところに魅力を感じます。気象衛星や通信衛星は、日常生活に役立っていますが、宇宙にある衛星を普段意識することはありません。流れ星は誰でも見て分かりますし、みんなが空を見上げてくれるはずです。さらに、私たちの創り出す人工流れ星を見て、子どもたちが宇宙に興味を持つきっかけになるかもしれません」

ALEが開発を進めている超小型衛星「ALE-1」。順調に進めばこの衛星から流星源が放出されることになる。

困難も多い半面やりがいのあるプロジェクトだ、と目を輝かせて語るプロジェクトマネージャの有坂市太郎さん。

株式会社ALE

2001年11月に見たしし座流星群から、人工流れ星の着想を得たCEOの岡島礼奈氏が、エンターテインメントを通じて基礎科学分野に貢献することをミッションに2011年に設立。科学とエンターテインメントの両立を掲げ、夜空をキャンバスに見立て人工流れ星で演出する「Sky Canvas」事業の研究・開発に取り組んでいる。

革新的衛星技術実証プログラム

JAXAがコーディネイトする宇宙を“つかう”未来

©JAXA

宇宙産業の技術開発では、軌道上での実証機会の少なさやコストの高さが大きなハードルになります。それを解決するための斬新な取り組みとして注目される「革新的衛星技術実証プログラム」が、今年度中の1号機打ち上げを目指して進行中です。プログラムの特色を香河英史グループ長に聞きました。

取材・文:山村 紳一郎(サイエンスライター)

香河(かがわ) 英史(ひでし)
研究開発部門 革新的衛星技術実証グループ長

安価で安定的な実証機会を提供する

> 「革新的衛星技術実証プログラム」とは、具体的にはどのようなプロジェクトなのでしょう?

香河　政府の宇宙基本計画に示された「宇宙システムの基幹的部品等の安定供給に向けた環境整備」の一環として推進するもので、公募によりテーマを選出し、民間企業や大学などの提案者が開発した機器や部品、超小型衛星、キューブサットをJAXAが打ち上げます。機器や部品については、JAXAが開発した衛星に搭載して打ち上げ、軌道上で運用し、得られたデータを提供するという内容です。2年に1回のペースで4回の実施を計画しており、今回の1号機は2018年度内打ち上げを、2号機は2018年度中にテーマの選定作業を行う予定です。

> プログラム全体としての狙いは?

香河　宇宙利用の拡大です。日本の宇宙産業の成長を加速し、ベンチャーや人材を育成して競争力を強化しつつ、新たなビジネスの発掘や可能性を創造していく。そのためにさまざまな分野の技術開発に対し、ハードルが高かった宇宙実証の機会を適時に、また安価に提供するのが狙いです。これまでのH-IIA相乗りやISSからの衛星放出とは異なって衛星単体だけでなく、機器や部品単位でも軌道実証ができる枠組みとなります。これはJAXAとして初の試みです。

> 宇宙実証のハードルを下げて宇宙利用全体を後押しするのですね。

香河　宇宙用部品や機器を実用衛星向けに販売する際には、軌道上の実績が問われます。一方で日本国内での実証の機会は非常に少なく、日本の宇宙業界への参入の障壁にもなってきました。定期的、安定的に宇宙実証の機会を提供することで、開発する側にとっては将来を見越したビジネスプランが立てられます。このような環境ができれば、日本の宇宙産業のすそ野も広がり、ロケットや衛星に使われる部品などの安定供給にもつながると考えています。

全てが主衛星、みんなが主役

> プログラムの特徴はどんな点でしょうか?

香河　重要な点は、主役はJAXAではないということです。民間企業や大学などの提案者全てが主役。製品を作れれば誰もが応募できるハードルの低さや、既存の枠を超えて新しい宇宙事業に挑めるという新たなユーザーの広がりが特徴です。今回イプシロン4号機に載せる7機の衛星は、どれかが主衛星ではなく全てが主衛星なのです。

> そうすると、投入軌道の設定をはじめ調整が難しくなりそうですが。

香河　相乗り打ち上げなどでは、どうしても主衛星の目的が重視されますので、他の衛星に搭載スペースや軌道に制約が出ま

すし、主衛星の安全を阻害しない配慮が強く求められます。しかしこのプログラムではみんなが主役ですから平等で、JAXAがコーディネイターとなって全てがうまくいくよう方向性を調整します。例えば今回一番大きな200kg級の「小型実証衛星1号機」に搭載する7つの実証テーマは軌道に影響を受けないため、軌道特性が成功の要件となる海洋観測衛星（超小型衛星）に合わせて投入軌道を決めました。

＞ 衛星を打ち上げるのが目的ではなく、実証とその環境作りが目的と。

香河　その点も「革新的」であると考えています。ですからJAXAもこれまで培った宇宙開発のノウハウを生かしてユーザーと共にチャレンジします。個々のテーマに対して必要な技術要件や設計変更のアドバイス、あるいは10年20年先に求められるであろう課題や方向性をJAXA側から提示し、その解決に向けて共同で取り組んでいきます。宇宙へ運ぶだけでなく、軌道上での運用もケアします。さまざまな機器についても個々の実証だけでなく、機器同士の組み合わせで相乗効果が生まれるような使い方の提案なども行います。JAXAコーディネイトで創出する宇宙実証の新しいプラットフォームなのです。

宇宙を“つかう”時代へ

＞ テーマ選考の方向性はどのようなものがありますか？

香河　日本の宇宙産業の発展につながること、また宇宙での実証が必須な技術やアイデアであること、が基本です。ポイントは日本の産業への展開なので、学術的な研究は対象外となります。大まかなイメージとしては、実証すれば直ちに製品として実現できるとか、産業に大きくインパクトを与える実証、例えば「世界初の……」というようなテーマを求めています。アイデアはもちろん、軌道上での実証した結果が出た後でそれをどう産業として生かしていくか、までを見据えて選定評価をさせていただいています。

＞ 1号機には人工流れ星など、エンターテインメント的なテーマもありますが……。

香河　JAXAとしてはエンターテインメントであるか否かは問題としていません。宇宙で可能になる革新的な取り組みであるか、産業として発展し得るかが大切だと考えます。これまでの宇宙利用の基本だった放送、通信、気象などの衛星とは異なる、われわれが想像もできないような新しい視点の使い方を提案していただき、JAXAが一緒になって考えていきます。このような宇宙利用の可能性の広がりによって、2号機以降に向けた新たな企業・プレイヤーの参入、実証テーマの多様化や宇宙の利用拡大を期待しています。

＞ 使い方ももちろんですが、衛星製造分野にも良い影響が生まれると感じます。

香河　今回、マスダミーの開発も行いました。これは何らかの理由で搭載できない衛星が出た場合に、代わりに載せてロケットのバランスを確保する一種のおもりで、打ち上げ計画を維持するのに重要な要素です。サイズや質量、バランスの正確さ、他の機器に影響を与えない安全性が要求される部品ですが、このような部品にも中小企業の技術を活用しています。

革新的衛星技術実証プログラムでJAXAから受注した小型衛星が成功すれば、小型衛星システムとその部品や機器などの高い信頼性と技術水準を示すことができます。またその実績によって日本の製造業に新しい衛星ビジネス分野を提供するかもしれない。このプログラムを核に新たな宇宙産業が立ち上がってベンチャーの小型衛星市場が形成される……そんな期待を持っています。

＞ 宇宙産業の敷居がぐんと下がる……まさに宇宙を“つかう”時代の到来ですね。

香河　僕らが考えつかない宇宙の新たな使い方はまだまだたくさんあるはずです。私たちは宇宙を“つかう”ことによって新しい未来をつくる可能性を信じています。それを発掘したいというのがこのプログラムなんです。

200kg小型実証衛星1号機の軌道上のCG図。

イプシロンロケット4号機に小型衛星群を搭載して打ち上げる。写真は衛星搭載部の内部イメージ。200kg級小型衛星1機、60kg級の超小型衛星3機、キューブサット3機を搭載。

©JAXA

■小型実証衛星1号機搭載の7つの実証テーマ候補と提案代表者

提案代表者所属機関	テーマ
日本電気株式会社	革新的FPGAの耐宇宙環境性能軌道上評価
慶應義塾大学	X帯2-3Gbpダウンリンク通信の軌道上実証
（一財）宇宙システム開発利用推進機構	グリーンプロペラント推進系（GPRCS）の軌道上実証
（一財）宇宙システム開発利用推進機構	粒子エネルギースペクトロメータ（SPM）の軌道上実証
東京工業大学	深層学習を応用した革新的地球センサ・スタートラッカーの開発
JAXA	薄膜太陽電池搭載軽量パドル
中部大学	超小型・省電力GNSS受信機の軌道上実証

■超小型衛星3機とキューブサット3機のミッションと提案代表者

提案代表者所属機関（衛星名）	テーマ
慶應義塾大学（MicroDragon）	海外新興国への衛星開発教育支援により衛星利用および海外市場を拡大するための地球観測マイクロ衛星の提案
東北大学（RISESAT）	高空間分解能スペクトル撮像技術の確立による新規地球環境計測及び農林水産鉱業市場の開拓と海外衛星利用市場の拡大
株式会社ALE（ALE-1）	流星源と放出装置を用いた人工流れ星の実現可能性と市場性の検証
東京工業大学（OrigamiSat-1）	3Uキューブサットによる高機能展開膜構造物の宇宙実証
九州工業大学（AOBA VELOX-IV）	ルーナーホライゾングロー撮影を目指した、パルスプラズマスラスタによるCubeSatの姿勢・軌道制御と超高層大気撮像高感度カメラの実証
日本大学（NEXUS）	次世代アマチュア衛星通信技術の実証

ISEF2の交信イベントに参加！

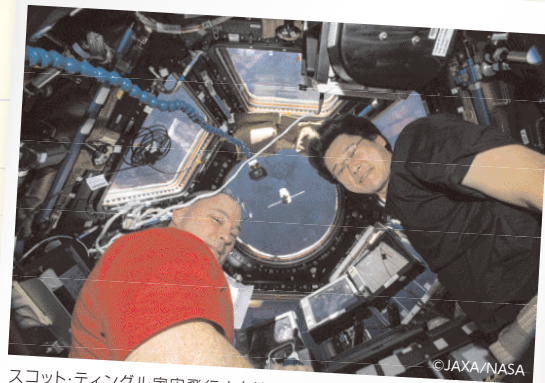
2018年3月3日、日本では将来の国際宇宙探査のビジョンを議論する国際会議、第2回国際宇宙探査フォーラム（ISEF2）が開かれました。会場にはISS計画に参加している15カ国以外にも世界から多くの宇宙機関が参加して活発な議論が交わされました。このイベントを締めくくったのは、ISSに滞在する日本・米国・ロシアの全宇宙飛行士が参加しての地上との交信イベント。今後、国際宇宙探査を進めるにあたり、国際協力の重要性を示しました。

©JAXA/NASA/ROSCOSMOS

3カ国の宇宙飛行士が揃い踏みした地上との交信イベント。

米国のドラゴン補給船（SpX-14）のキャプチャ

4月2日、ISSの「きぼう」日本実験棟から放出される超小型衛星と水や食料などの生活用品を搭載した米国のドラゴン補給船（SpX-14）がISSへ到着。金井宇宙飛行士はこの補給船をカナダのロボットアームを操作して掴まえる作業を担当しました。地上での訓練では「ロボットアームの操作は苦手」と言っていたものの、本番では危なげなくスムーズに操作できました。

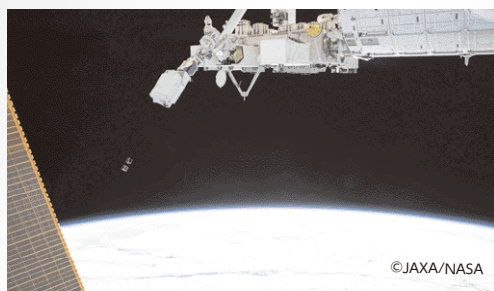
©JAXA/NASA

スコット・ティングル宇宙飛行士とドラゴン補給船の到着を待つ。

金井宣茂（かないのりしげ）宇宙飛行士のISS滞在報告 後編

金井宣茂宇宙飛行士が2017年12月17日に、カザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地から国際宇宙ステーション（ISS）へ出発してから6カ月が経ち、長期滞在ミッションは無事終了しました。今号では、3月から6月3日の帰還までの活動をご紹介します。

3カ国の超小型衛星の放出

5月11日、筑波宇宙センターで超小型衛星を開発した関係者が見守る中、ドラゴン補給船で運ばれ、金井宇宙飛行士によってエアロックに取り付けられたケニア、トルコ、コスタリカの超小型衛星が、「きぼう」日本実験棟のエアロックとロボットアームを使って放出されました。今回、特筆すべきは、国連とのKiboCUBEという新たな取り組みによる、ケニアの超小型衛星が放出されたこと。宇宙新興国の人たちにも宇宙へアクセスする機会を提供することで、日本として国際的な貢献を進めています。

©JAXA/NASA

「きぼう」から放出される超小型衛星の様子。

©JAXA/NASA

ソユーズMS-07宇宙船（53S）で、中央アジアカザフスタン中部の草原に帰還。

「健康長寿のヒントは宇宙にある」

金井宇宙飛行士はISS長期滞在中、加齢研究やストレス研究に大切なミッションや糖尿病、アルツハイマー病など健康長寿を実現するためのきっかけとなるテーマを宇宙の環境を使い、地上の研究者たちに代わり取り組んできました。その成果は、今後、研究者が発表する論文などで紹介されていきます。宇宙ステーション発の“健康長寿”についてこれからもご注目ください。

168日間の滞在を終え、地球へ帰還！

6月3日、日本時間21時39分、金井宇宙飛行士ら3人の宇宙飛行士を乗せたソユーズ宇宙船はカザフスタンの草原に無事着陸しました。帰還するソユーズ宇宙船の中は、「ジェットコースターのようだった」とのこと。これから数カ月間、ジョンソン宇宙センターや筑波宇宙センターで地球の環境に慣れるリハビリを行います。みなさま、応援ありがとうございました！

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

広報部 〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台4-6 御茶ノ水ソラシティ | TEL:03-5289-3650 | FAX:03-3258-5051

JAXAウェブサイト http://www.jaxa.jp/
メールサービス http://fanfun.jaxa.jp/media/mail/